



TITLE:

木材の腐朽機構に関する研究(第1報): 腐朽にともなうブナおよびスギ材の強度の変化

AUTHOR(S):

高橋, 旨象; 西本, 孝一

CITATION:

高橋, 旨象 ...[et al]. 木材の腐朽機構に関する研究(第1報): 腐朽にともなうブナおよびスギ材の強度の変化. 木材研究: 京都大学木材研究所報告 1967, 41: 75-89

ISSUE DATE:

1967-07

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/53013>

RIGHT:

木材の腐朽機構に関する研究 (第1報) ***

腐朽にともなうブナおよびスギ材の強度の変化*

高橋 旨象**・西本 孝一**

Munezoh TAKAHASHI** and Koichi NISHIMOTO** : Studies on the Mechanism of Wood Decay (I).*** Changes in Strengths of BUNA and SUGI Wood as Decay Proceeds*

緒 言

木材の生物劣化は近年の木材需要量の増加と利用面の拡大にともない、木材保存対策の進歩した今日においても一層重要な問題となつている。生物劣化中とくに大きな比重を占める腐朽については、それを起因する糸状菌—木材腐朽菌—の菌学的研究が古くから行なわれてきた。また一方、腐朽にともない木材に生ずる種々の現象を、生物学的、物理学的、または化学的な見地から眺めた研究も数多くなされ、研究技術の進展とともにすぐれた報告が蓄積されつつある。しかし、木材の腐朽にともなう種々の現象を総合的な観点からとらえ、その相互関係を究明しようとする試みはあまり行なわれていない。

腐朽菌が木材を侵害する場合、その様相は腐朽様式によりことなるのは勿論であるが、いずれも酵素的分解によつている。菌糸は主として細胞内腔を走向しながら酵素を菌体外に分泌し細胞膜に浸透させて行く。そのため細胞膜構成成分が分解され、細胞膜は破壊されて強度を失なつて行く。

腐朽にともなう材の強度低下は、従来材の化学的性質の変化—主としてセルロースならびにリグニン含量の変動—それにともなう材の重量減少などと関連づけて論議され、妥当な見解も生み出されている。しかし、腐朽のごく初期から認められる強度の低下を、試片全体の平均的な化学的性質の変化と関連させて説明することはできず、両者の関連は組織あるいは細胞についての局所的な分析によらなければ究明し得ないものと考えられる。

筆者らは代表的な腐朽現象としての材の強度変化に注目し、それを組織、細胞、さらにはよりミクロなレベルから眺めてその機構を明らかにしたいと考え、第一段階として腐朽にともなう材の諸強度の変化様相を明らかにすることを試みた。本実験の目的は、(1) この種の研究に多い強度変化対応指標の不正確さを除去すること、(2) 近年欧米で重要視され、わが国でも

* 日本木材学会第16回大会 (1966年4月) ならびに同第17回大会 (1967年4月) にて発表

** 木材生物部門 (Division of Wood Biology)

*** 上記2度の大会で、木材の腐朽機構に関する研究 (第1報)、ならびに同 (第2報) として発表したものをあわせてまとめた。

近く問題にされると思われる新たな木材腐朽—軟腐朽 (Soft rot, Möderfäule)—を起因する *Chaetomium globosum* による材の強度低下の様相を他の腐朽菌と対比しつつ明らかにすること、の2点である。

軟腐朽菌は従来非生物現象であるとされていた工場冷却塔など、他の腐朽菌の生育し得ない高含水率条件下で使用される木材の劣化の原因となる。また他の腐朽菌とは種々の点でことなると言われているが、材の腐朽様式には不明な点がかなりあり、強度低下の様相も衝撃曲げについて報告^{1,2)} されているにすぎない。この腐朽機構の解明は木材保存分野においても必須の問題であると考えられ、これも本研究を計画した一つの動機である。

なお各種強度測定試片の作製ならびに試験機使用について、木材物理部門角谷助教授の多大の御教示を得た。ここに深く感謝の意を表したい。

実 験 方 法

ブナ (*Fagus crenata* BLUME) およびスギ (*Cryptomeria japonica* D. DON) の1本の辺材からとった試験片について褐色腐朽菌 *Corirolellus palustris* MURR. (林試 0507), 白色腐朽菌 *Coriolus versicolor* (FR.) QUÉL. (林試 1030), 軟腐朽菌 *Chaetomium globosum* KUNZE (林試 8059) により強制腐朽させ、その縦圧縮、横圧縮、曲げならびに縦引張強度を測定した。

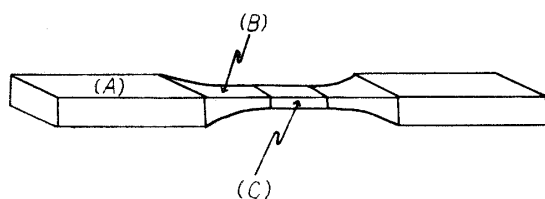
各試片の寸法ならびに木取方向は、以下に述べる培養容器の大きさと腐朽期間を考慮して次のように定めた。

縦圧縮試片: $1.5 (T) \times 1.5 (R) \times 3.0 (L) \text{ (cm)}$

横圧縮試片: $1.5 (T) \times 1.5 (L) \times 3.0 (R) \text{ (cm)}$

曲げ試片: $1.0 (T) \times 1.0 (R) \times 14.0 (L) \text{ (cm)}$

縦引張試片: Fig. 1 に示す。



(A) Cross sectional area $15 \times 0.85 \text{ cm}^2$
Length 5.0 cm

(B) Radius of curvature
Radial 5.7 cm, Tangential 3.5 cm

(C) Cross sectional area $0.66 \times 0.33 \text{ cm}^2$
Length 1.65 cm

Fig. 1. Size of the tensile test specimen.

としては褐色および白色腐朽菌には Table 1 に示す組成のものを持ち、軟腐朽菌には Table 2 に示されるような無機塩類を主体とする ABRAM 溶液¹⁾ をもちいた。

試片は、寸法、絶乾重量、絶乾比重ならびに平均年輪幅を測定したのち、プロピレンオキサイド蒸気中で48時間滅菌し滅菌蒸留水を吸収させた。菌そうが全面に一樣に伸びた砂培養基上に一定数ずつ適当な間隔に試片を並べた。所定期間 $28 \pm 3^\circ\text{C}$ 調整した培養室に保存したのち

強制腐朽方法: 培養容器としては、縦型広口びん (直径 9cm, 高さ 16cm) を圧縮試片の、横型広口びん (幅 9cm, 高さ 8cm, 長さ 22cm) を曲げおよび縦引張試片の強制腐朽に使用した。培養基としての砂は20~30mesh の石英砂をもちい、縦びんには砂350 g と培養液 120ml, 横びんには砂 500 g と培養液 170ml を加えた。前者は金属製ねじぶた、後者は数層に重ねたアルミ箔により密封して加圧蒸気滅菌し、上記の3種の供試菌の10日間扁平培養より得た菌そうを接種した。培養液

Table 1. Components of culture fluid for *Coriollus palustris* and *Coriolus versicolor*.

Peptone	5 g
Malt extract	20 g
Glucose	50 g
KH ₂ PO ₄	3 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2 g
Distilled water	1000ml

Table 2. Components of culture fluid for *Chaetomium globosum*.

Glucose	30 g
K ₂ HPO ₄	2 g
KH ₂ PO ₄	2.5g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	2 g
NH ₄ NO ₃	3 g
Distilled water	1000 ml

試片をとり出し、表面の菌糸、砂などを除去し、 $65\pm 1^{\circ}\text{C}$ の恒温器内で5～9日間恒量に達するまで乾燥し、重量、寸法、比重を測定して強度試験に供した。腐朽期間は各種試片の寸法を考慮して、圧縮試片は10, 25, 45, 70, 100日、曲げおよび引張試片は10, 20, 30, 45, 60日とした。試片の数は各強度とも各腐朽期間につき供試菌別に10本とした。

曲げ試片は中央部 5cm を、引張試片は曲線と平行部分を残してパラフィンおよびパラフィンフィルムで封じ、荷重部分に腐朽が集中するようにした。また引張試片の強制腐朽に際しては、開始時に菌そうと直接接触しない試片中央部分に、滅菌蒸留水を十分吸いこませたスポンジ片 (12×2×6 (cm)) を置き、さらに新たに菌そうを試片中央部上に接種して腐朽が遅滞なく進行するように努めた。

強度測定方法：圧縮および引張試片は電子管自動平衡式万能試験機を、曲げ試験はスウェーデン式曲げ強度試験機を使用して行なった。曲げ試験は中央集中荷重により行ない、同時に精度 1/100mm の読取顕微鏡によりたわみを測定し曲げ弾性係数を算出した。荷重速度は各試験の JIS 規定にしたがい、測定はいずれもほぼ絶乾状態で行なった。なお、スパンは JIS 規定ではりたけの14倍であるが、本実験では培養容器の寸法との関係で12倍とした。

実 験 結 果

1 圧縮強度

試験結果を Fig. 2～11 に示した。Fig. 2～6 は縦圧縮、Fig. 7～11 は横圧縮試験結果を供試腐朽菌ならびに供試材ごとに示したものである。腐朽の進行にともなう圧縮強度の低下をこれらの結果から要約すると以下のようである。

1—1 ブナー縦圧縮：褐色腐朽材では比重が 0.36～0.42 に減少するまでは急激に低下し、以後はゆるやかに減少する。すなわち、比重 d と強度 P の関係は、 $d\geq 0.36$ において $P\div 2250d-650$ となる。0.16～0.22になると強度は測定不可能な程低下している。白色腐朽材では比重の減少にともない直線的に低下して行くが、その低下の様相は全般的に褐色腐朽材よりややゆるやかで、 $P\div 2000d-490$ となる ($d\geq 0.30$)。褐色腐朽材ほど腐朽は進行（比重は減少）していないが、その傾向からみてさらに腐朽が進めば、褐色腐朽材同様強度低下は緩慢になるものと判断される。軟腐朽材では腐朽は試片表層にとどまることが多くあまり進行しない。この場合試片両木口面は少しの荷重で崩れるので測定値はやや不正確になるが、Fig. 4 で示した比重範囲では褐色腐朽材と同様の傾向を示した ($P\div 2250d-670$)。

1—2 スギ縦圧縮：褐色腐朽材では比重が 0.24～0.26 に減少するまで急激に低下す

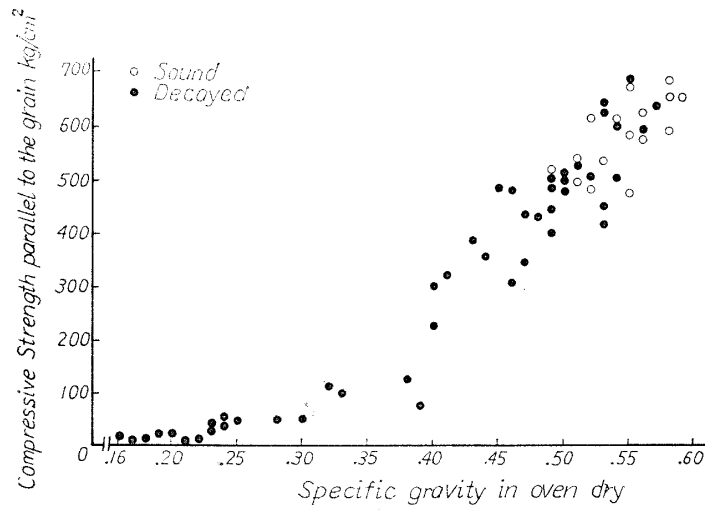


Fig. 2. Reduction in compressive strength ($f_{-//}$) of BUNA wood decayed by *Corirolellus palustris*.

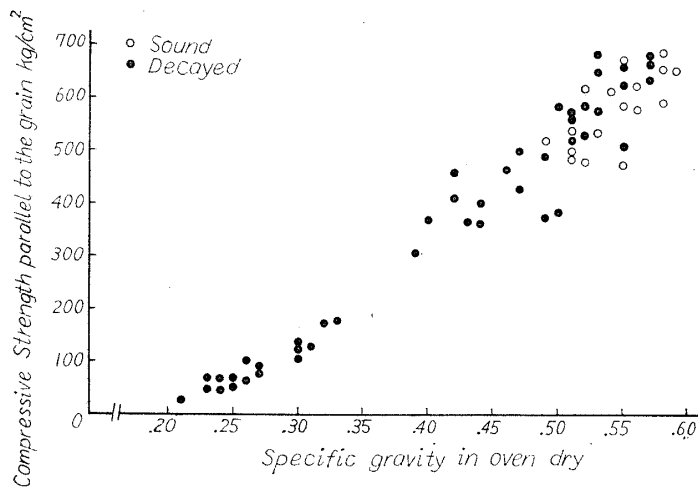


Fig. 3. Reduction in compressive strength ($f_{-//}$) of BUNA wood decayed by *Coliulus versicolor*.

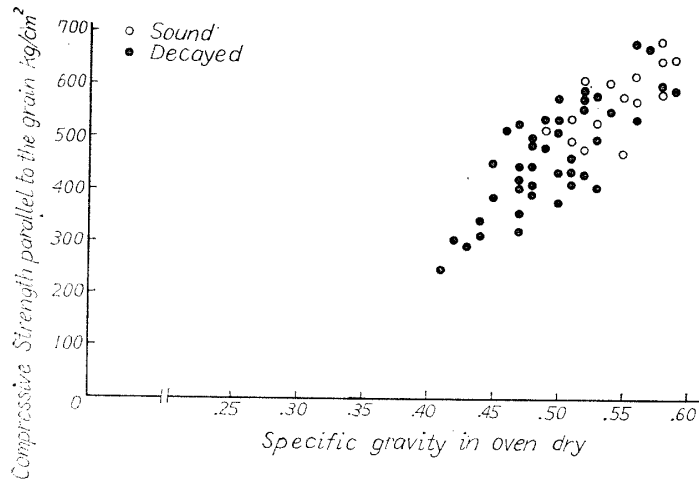


Fig. 4. Reduction in compressive strength ($f_{-//}$) of BUNA wood decayed by *Chaetomium globosum*.

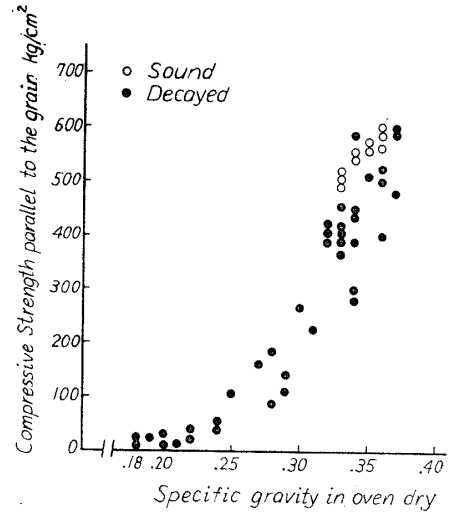


Fig. 5. Reduction in compressive strength ($f_{-//}$) of SUGI wood decayed by *Corirolellus palustris*.

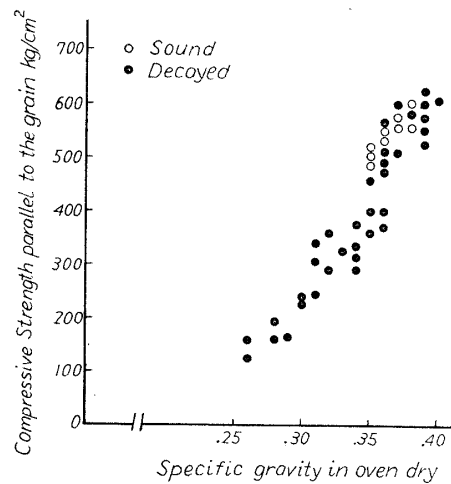


Fig. 6. Reduction in compressive strength ($f_{-//}$) of SUGI wood decayed by *Coriolus versicolor*.

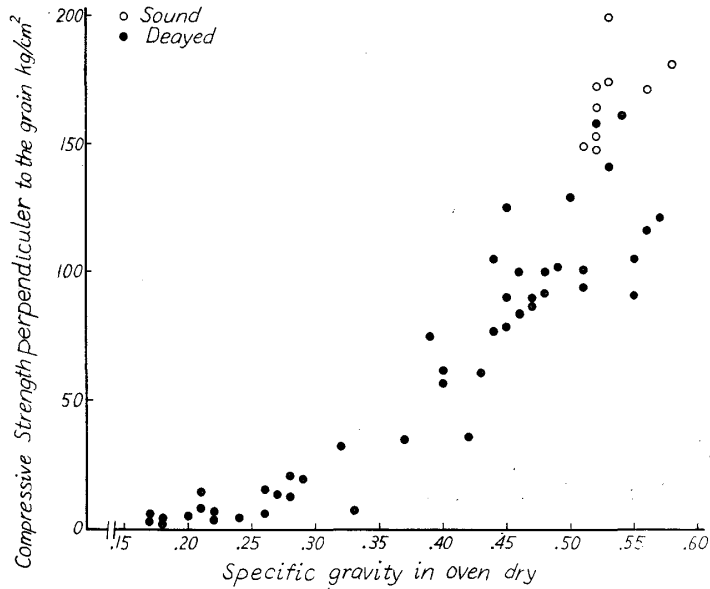


Fig. 7. Reduction in compressive strength (f_{\perp}) of BUNA wood decayed by *Corirolellus palustris*.

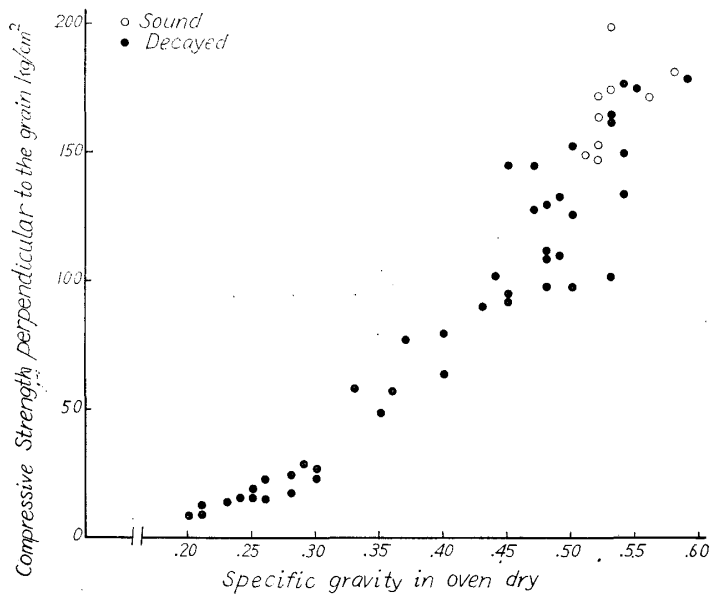


Fig. 8. Reduction in compressive strength (f_{\perp}) of BUNA wood decayed by *Coriolus versicolor*.

る ($P \div 4100d - 980$)。ブナとことなり、強度の低下は比重の減少をともなわない腐朽初期から認められる。白色腐朽材も同様の傾向を示すが、強度低下は明らかに褐色腐朽材より緩慢である。軟腐朽材では比重の減少も強度低下も認められなかつたので図示しなかつた。

1—3 ブナー横圧縮：褐色，白色腐朽材間の相違はブナー縦圧縮と同様で，褐色腐朽材の低下が先行する。すなわち，褐色腐朽材では $P \div 550d - 170$ ，白色腐朽材では $P \div 500d - 125$ となる。しかし強度低下がゆるやかになる比重範囲は 0.28～0.34 であり，縦圧縮より低下はやや緩慢になる。しかし軟腐朽材では逆に縦圧縮より早く低下する。

1—4 スギー横圧縮：強度低下はもつとも急速であり，やはり褐色腐朽材に著しい。褐色，白色両腐朽材ともに比重が 0.30 に減少するまでの腐朽初期の低下が急激であり，強度低下は縦圧縮以上にブナより早く現われている。軟腐朽材では強度低下は認められなかつた。

2 曲げ強度

試験結果を Fig. 12～23 に示した。Fig. 15～17 および Fig. 21～23 には各腐朽材の弾性係数と強度との関係を，その他には比重と強度との関係を示した。図に示す比重は試片全体ではなく腐朽の集中した部分より次のように算出したものである。

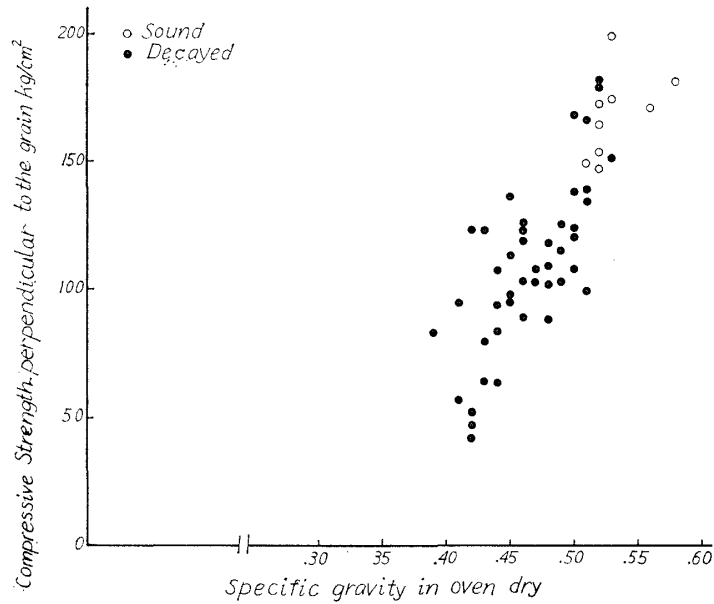


Fig. 9. Reduction in compressive strength (f_{\perp}) of BUNA wood decayed by *Chaetomium globosum*.

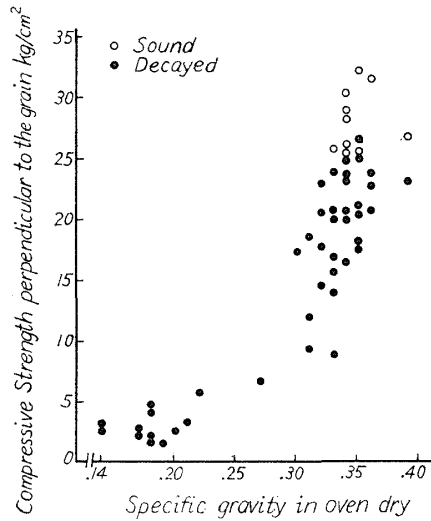


Fig. 10. Reduction in compressive strength (f_{\perp}) of SUGI wood decayed by *Corirolellus palustris*.

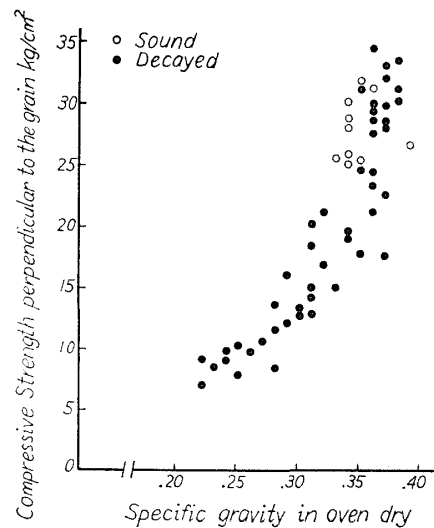


Fig. 11. Reduction in compressive strength (f_{\perp}) of SUGI wood decayed by *Coliulus versicolor*.

強度測定後試片の破断面にもつとも近い部分を鋸断して体積 $v=l \cdot b \cdot h$ の木片を作る。 b , h はそれぞれ試片の幅および高さであり、 $l=1\text{cm}$ となるように鋸断する。木片の絶乾重量 w を求め、 w/v より比重を得る。

結果をまとめると以下のようなものである。

2-1 ブナー曲げ：褐色腐朽材の強度低下は速やかで、比重が健全時の $1/2$ に減少する頃には測定不可能なほど低下している。白色腐朽材ならびに軟腐朽材では、腐朽があまり進行

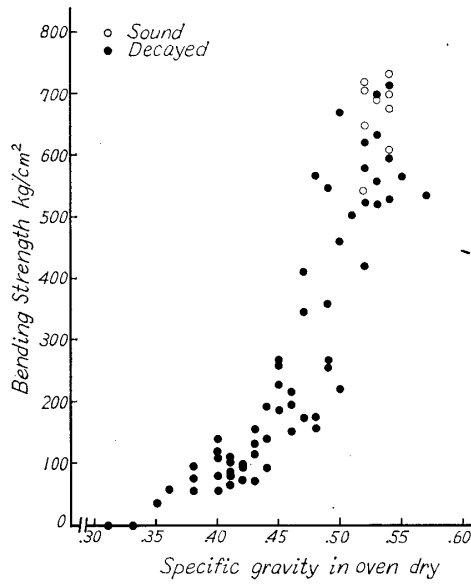


Fig. 12. Reduction in bending strength of BUNA wood decayed by *Coriolellus palustris*.

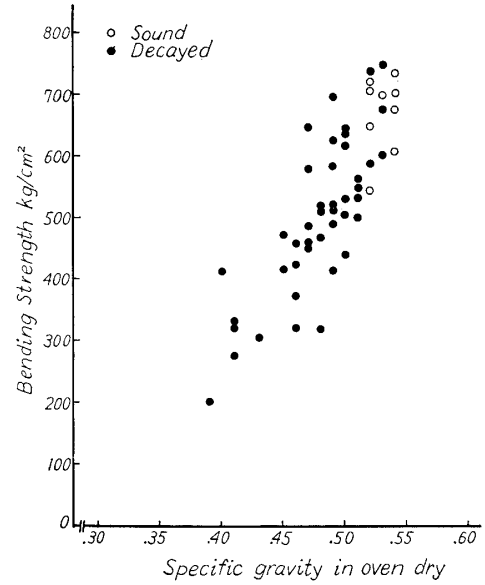


Fig. 13. Reduction in bending strength of BUNA wood decayed by *Coriolus versicolor*.

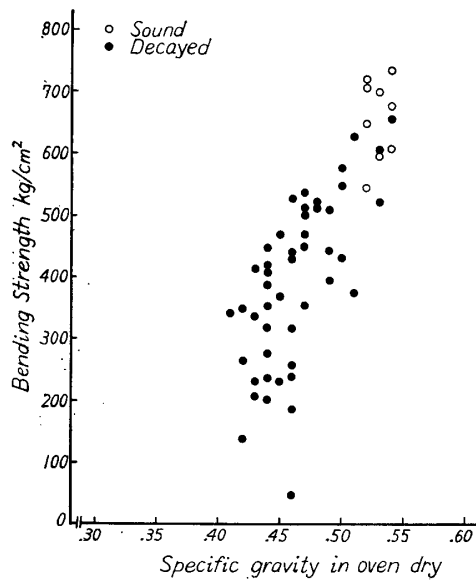


Fig. 14. Reduction in bending strength of BUNA wood decayed by *Chaetomium globosum*.

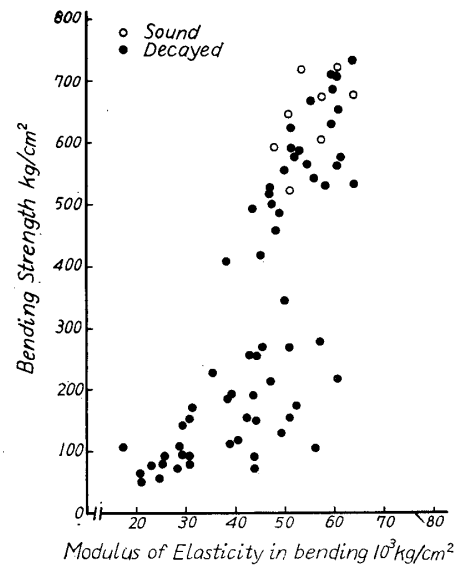


Fig. 15. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in BUNA wood decayed by *Coriolellus palustris*.

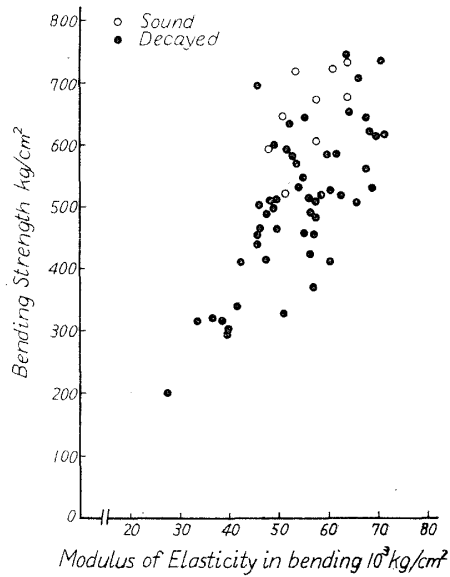


Fig. 16. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in BUNA wood decayed by *Coriolus versicolor*.

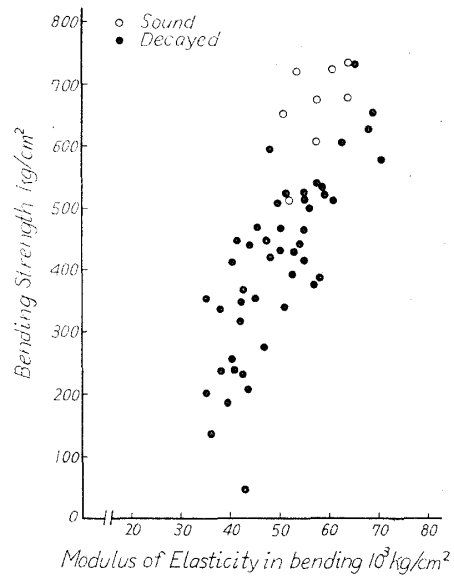


Fig. 17. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in BUNA wood decayed by *Chaetomium globosum*.

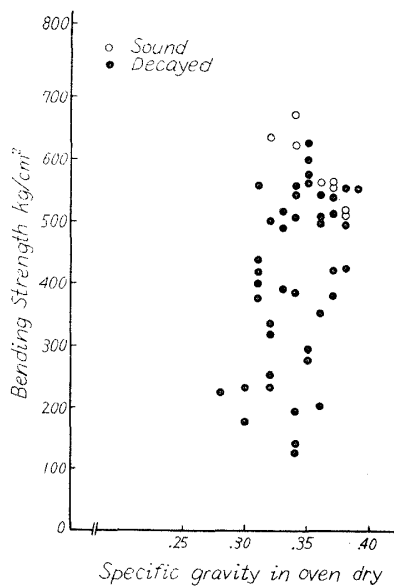


Fig. 18. Reduction in bending strength of SUGI wood decayed by *Coriolellus palustris*.

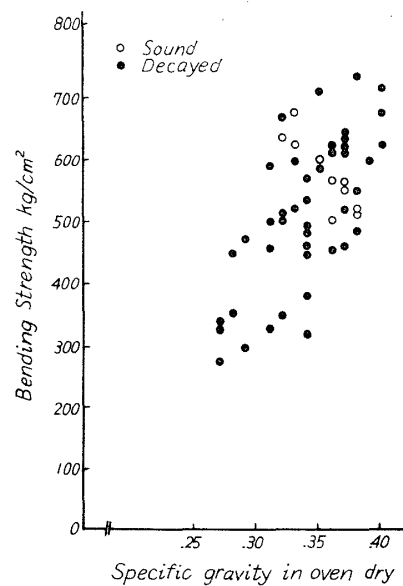


Fig. 19. Reduction in bending strength of SUGI wood decayed by *Coriolus versicolor*.

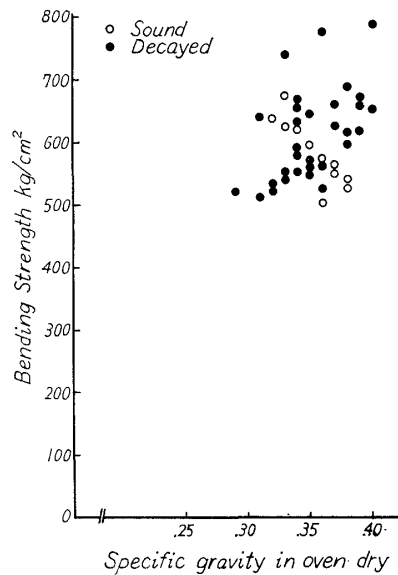


Fig. 20. Reduction in bending strength of SUGI wood decayed by *Chaetomium globosum*.

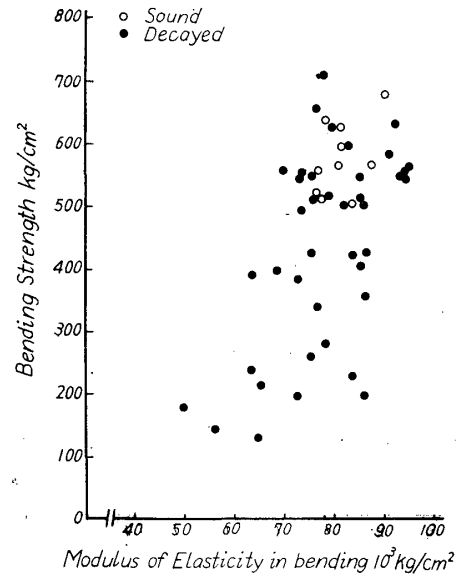


Fig. 21. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in SUGI wood decayed by *Corirolellus palustris*.

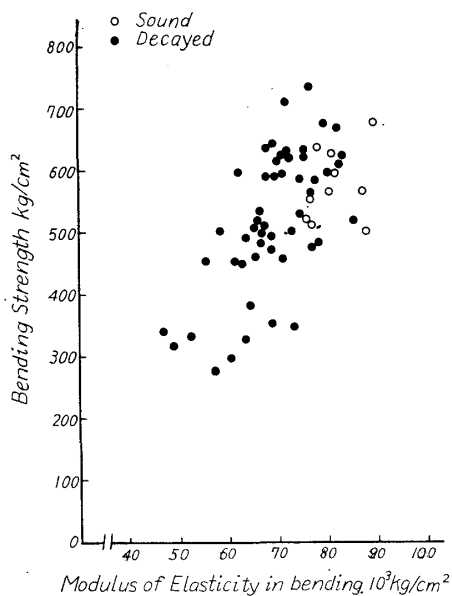


Fig. 22. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in SUGI wood decayed by *Coriolus versicolor*.

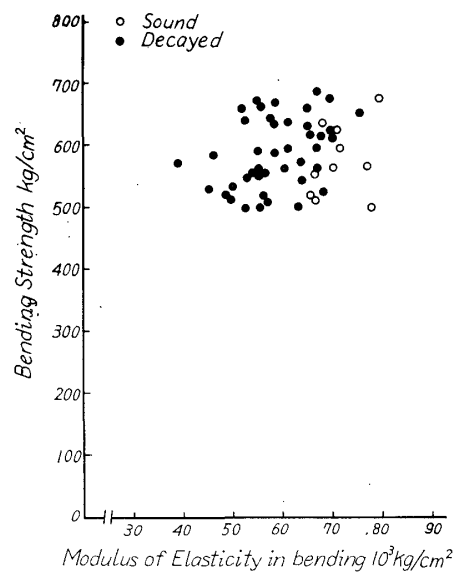


Fig. 23. Relation between strength and modulus of elasticity in bending in SUGI wood decayed by *Chaetomium globosum*.

しない間は低下の様相は一様である。しかし、前者が以後も同様にほぼ直線的に低下するのに対し、後者では0.45附近で急激な低下が認められる。いずれの腐朽材においても強度の低下にともない弾性係数は減少する。しかし褐色ならびに軟腐朽材では、弾性係数 $40 \sim 50$ (10^3kg/cm^2) の範囲における強度低下が著しく、応力—ひずみ図の直線の傾き $\tan \alpha$ が一定であつても比例限度応力は減少して行く。

2—2 スギー曲げ：ブナ同様褐色腐朽材の強度低下が他の腐朽材より早く認められるが、白色腐朽材とともにブナよりはるかに早く低下する。軟腐朽材の強度低下は認められない。弾性係数は褐色腐朽材でのばらつきが大きく強度との関係はあまり明らかでない。軟腐朽材では強度低下は認められないが、弾性係数は明らかに減少している。

3 縦引張強度

試験結果を Fig. 24—29 に示した。試片の破壊型は、ブナでは破壊面が平滑または階段状であつたが、スギでは縦裂線が長く入り、曲げ試片のように比重測定の木片を作成することが不可能であつた。したがつて以下の方法により概略値を算出した。

強度測定後試片のつかみ部分を鋸断除去し、中央部分の絶乾重量を秤量する。腐朽に供しなかつた試片より無作為に20本を選び、比重は中央部分もつかみ部分も等しいものと仮定して、試片全体の重量とつかみ部分の重量（いずれも絶乾重量）および体積を測定し計算により中央部分の体積を算出した。その平均値 V_m を求め、 w/V_m を各腐朽試片の中央部分の比重とした。その根拠は次のようである。(i) V_m のばらつきはブナ、スギとも2%以下であつた。(ii) 曲げ試片の腐朽前後の断面積を比較したところ、比重が健全時の70%に減少するまでは各腐朽材とも有意差が認められなかつた (t 検定, 危険率5%)。

3—1 ブナ—縦引張：全般にばらつきが大きく明らかな傾向を認めがたい。しかしやはり

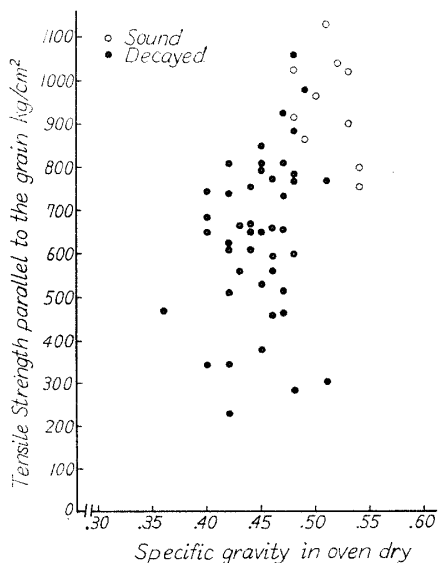


Fig. 24. Reduction in tensile strength($f-//$) of BUNA wood decayed by *Coriolellus palustris*.

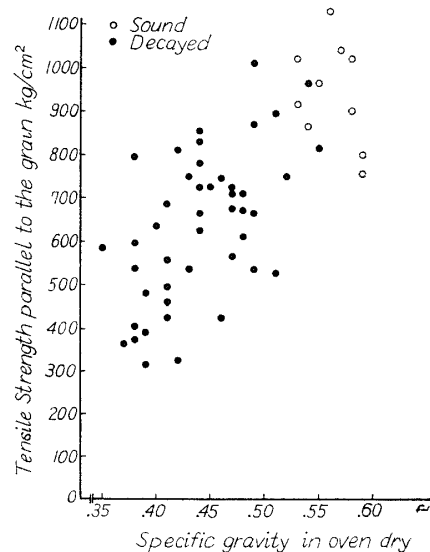


Fig. 25. Reduction in tensile strength($f-//$) of BUNA wood decayed by *Coriolus versicolor*.

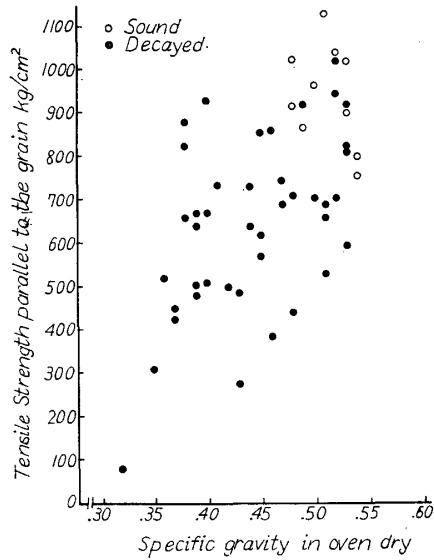


Fig. 26. Reduction in tensile strength (f-//) of BUNA wood decayed by *Chaetomium globosum*.

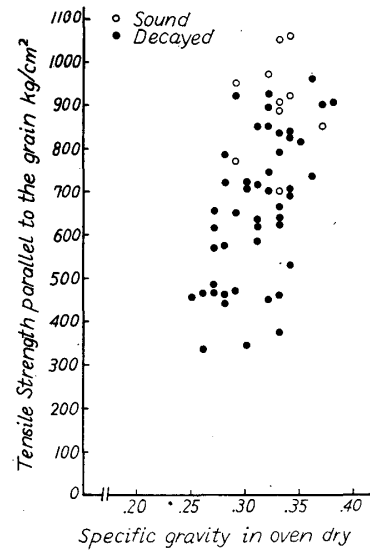


Fig. 27. Reduction in tensile strength (f-//) of SUGI wood decayed by *Corirolellus palustris*.

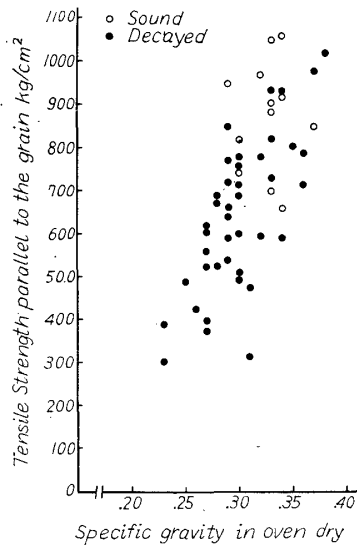


Fig. 28. Reduction in tensile strength (f-//) of SUGI wood decayed by *Coriolus versicolor*.

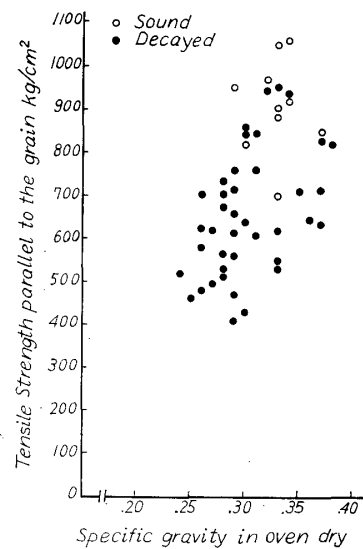


Fig. 29. Reduction in tensile strength (f-//) of SUGI wood decayed by *Chaetomium globosum*.

褐色腐朽材の強度低下が早く現われるようである。

3-2 スギ縦引張：ブナに比しばらつきは小さいが、各腐朽材とも腐朽が進行していないので低下の様相を比較することは困難である。しかし、軟腐朽材では圧縮ならびに曲げ試験結果とことなり、縦引張強度の低下が認められた。

考 察

腐朽にともなう木材の強度低下を論じた研究は数多いが、それらはすべて腐朽期間あるいは重量減少率と強度を対応させている。培地組成、培養条件、試片の形状ならびに寸法、試片の初期含水率、供試菌の種類ならびに系統、供試樹種等多くの因子は研究者によりことなっている。したがって一定の腐朽期間経過後の試片の重量減少率には、腐朽菌一樹種の組合せにより当然差があり、腐朽力あるいは耐久力の相対的比較にとどまる。同じ組合せ、同じ腐朽方法であつても、試片の形状・寸法によりことなつた重量減少率が得られるのは当然である。したがって単に腐朽期間と強度を対応させても、腐朽にともなう強度低下の様相を普遍的に表現するものとは考えがたい。また個々の試片の重量減少率との対応でも、試片全体の重量減少率測定値は、曲げ、引張、衝撃強度などに大きく影響する荷重部分あるいは応力集中部分の腐朽程度を正しく示すものとは考えられない。細長い形状の試片では全面に一樣な腐朽を生じさせることは困難であり、引張試片ではつかみ部分が腐朽すれば正確な測定は期しがたい。

このような理由から本実験では、曲げならびに引張強度用試片には実験方法で述べたようにパラフィン処理を行ない、中央部分に腐朽を集中させることにほぼ成功した。また実験結果に記したように腐朽部分の絶乾比重を算出し、各強度の低下の様相を共通の基準で眺められるように表現した。結果をとりまとめれば以下のものである。

- (1) 腐朽にともない低下する強度の順位は、曲げ強度>横圧縮強度>縦圧縮強度 である。
- (2) 腐朽にともなう強度の低下は、ブナよりもスギに顕著に現われることが多い。
- (3) これら強度低下は褐色腐朽材にもつとも早く現われ、ブナ材では以下軟腐朽、白色腐朽の順となる。
- (4) 軟腐朽菌 *Chaetomium globosum* はスギ材の重量減少をほとんど起さず、圧縮ならびに曲げ強度を低下させない。しかし、縦引張強度の低下は認められる。
- (5) 軟腐朽材と他の腐朽材との強度変化過程における相違として、(i)ブナー曲げにおける比重の減少をとまなわない強度の低下、(ii)スギー曲げにおける強度の低下をとまなわない弾性係数の減少、を確認した。

一般に高分子材料の破壊は、材料の局部に対する応力の集中、応力集中部における微視的な破壊から巨視的な破壊への成長の過程を経過して行なわれるものと考えられている³⁾。木材の場合、この応力の局部的集中は木材内部の何らかの欠陥部に発生し、健全な木材においては膜孔等の空孔附近から始まることが多いとの説⁴⁾もあるが、その欠陥部の実体に関してはほとんど明らかにされていない。しかし腐朽材においては、腐朽により生じた欠陥部、すなわち腐朽菌による酵素的分解作用のもつとも進んだ部分が応力集中発生部分の出発点となる可能性は当然大きいものと考えられる。また出発点にならないまでも、すでに存在していた欠陥部から成長した微視的破壊の進行に大いに関与するであろう。

本実験においては破壊面の動的観察を行なっていないので破壊の進行過程は明らかでないが、引張応力作用下では圧縮応力作用下より破壊面の進行速度が大きくなることは木材の構造上当然考えられ、曲げ強度の低下が圧縮強度の低下に先行したものと考えられる。

木材の強度には組織構造だけでなく多くの因子が関与しており、強度低下がブナよりもスギ

に早くあらわれる原因は明らかでない。ブナ、スギ両材の内部に同じ形状の欠陥部を生じて、ブナでは応力集中が分散したために微視的破壊の形成が遅れ、スギでは局部的に応力集中が起り破壊が早く進んだものと推察される。しかしそれが両者の組織構造あるいは微細構造の相違にもとづくものかどうかの解明は現時点では不可能である。

なお、本実験で供試したブナ健全材の曲げ強度ならびに曲げ弾性係数については、同材のこれらの一般的測定値に比しやや低い値を得た。これは主として試片の含水率ならびにスパンの差にもとづくものと思われる。

褐色腐朽菌が白色腐朽菌より材の強度をすみやかに低下させることは早くから指摘されており⁵⁾、本実験でも同様の結果を得た。褐色腐朽菌と白色腐朽菌との相違として、前者は木材中のセルロースとヘミセルロースを分解するのみであるが、後者はリグニンをも同時に分解すること、また前者はセルロース分子をすみやかに解重合するが、後者は比較的緩慢に行なうことが明らかにされている。このような相違と材の強度低下との関連づけは、木材中のセルロース量と強度との正の相関⁶⁾、リグニン量との負の相関⁷⁾、高分子物質の重合度との限界的な正の相関⁸⁾などによつて行なわれ、妥当なものと考えられている。

軟腐朽菌には子の菌と不完全菌類に属する多くのものが含まれており、若干の菌種を除いてはその生理的性質についての研究報告も少なく不明の点が多い。しかし、SAVORY および PINION⁹⁾、DUNCAN¹⁰⁾、LEVI および PRESTON¹¹⁾らの報告によれば、酵素的分解の対象物は褐色腐朽菌同様セルロースであるが、とくにヘミセルロースの利用が顕著であることが指摘されている。筆者らもブナ腐朽材の赤外スペクトルの変化がキシラン吸収帯にすみやかに現われるとの結果を得ている¹²⁾。ヘミセルロースの木材強度構成要素としての機能はセルロース分子間の結合剤とされており¹³⁾、CARTWRIGHT¹⁴⁾らはセルロース、ヘミセルロース、リグニンの分解の順序に強度が低下すると述べている。その説にしたがえば、分解対象物の相違により褐色腐朽>軟腐朽>白色腐朽という強度低下の順位を生じたと考えるのは妥当なように見受けられる。しかし、これら化学的性質の変化と強度低下との関連づけは、マクロなレベルでの化学分析結果より行なわれたものであり、腐朽のかなり進んだ段階でのみ適用されるものと考えられる。腐朽の初期段階では、酵素的分解作用は1個の細胞においても不均一かつ不連続的に起り、生じた微細な欠陥に対する応力集中と破壊の成長は、材全体の化学組成の変化とは無関係に発展するものと考えられるから、初期段階において化学的性質との関連は考えがたい。

褐色および白色腐朽菌では細胞膜の侵害が、内腔にとどまる菌糸から分泌される酵素の浸透により菌糸から離れた部分でも行なわれている。しかし、軟腐朽菌では菌糸は内腔にとどまるだけでなく二次膜の中を走向し、円錐型を重ねたようなシリンダー状の空室を作るという形式で分解して行く¹⁵⁾¹⁶⁾。このような空室に応力が集中し破壊の出発点となる可能性は大きく、化学成分あるいは重量変化が現われない段階でも強度が低下することは十分考えられる。比重の減少をとまなわぬ強度の低下ならびに弾性係数の減少も空室の存在と大いに関連するものと思われ、空室の形状、分布あるいは組織から細胞にいたるミクロなレベルでの化学組成の変化との結びつけが今後の課題であると考えられる。

摘 要

褐色腐朽菌 *Corirolellus palustris*, 白色腐朽菌 *Coriolus versicolor*, 軟腐朽菌 *Chaetomium globosum* によりブナおよびスギ辺材を強制腐朽させ、腐朽にともなう強度低下の様相を比重との対応により比較することを試みた。

(1) 腐朽にともない低下する強度の順位は、曲げ強度>横圧縮強度>縦圧縮強度である。縦引張強度の順位は、腐朽の遅滞ならびに測定値のばらつきのため明らかにし得なかつた。

(2) 腐朽にともなう強度の低下は、ブナよりもスギに顕著に現われる。

(3) 強度低下は褐色腐朽材にもつとも早く現われ、ブナ材では軟腐朽、白色腐朽の順となる。

(4) 軟腐朽菌はスギ辺材の重量減少をほとんど起さず、圧縮ならびに曲げ強度を低下させない。しかし、縦引張強度の低下は認められる。

(5) 軟腐朽材と他の腐朽材との強度低下過程における相違として、ブナー曲げにおける比重の減少をとまなわない強度の低下、ならびにスギー曲げにおける弾性係数の減少を確認した。

(6) これらの相違は軟腐朽菌の特異な侵害様式にもとづくものと思われ、軟腐朽菌の侵入により生じた細胞膜中の空室の形状または分布と強度低下との関連づけが、ミクロなレベルの化学分析とともに今後の課題であると考えられる。

Summary

In order to clarify the mechanism of reduction in strengths of wood as decay proceeds, we measured compressive, bending and tensile strengths of BUNA (*Fagus crenata* BLUME) and SUGI (*Cryptomeria japonica* D. DON) sapwood specimens decayed by *Corirolellus palustris* (brown rot type), *Coriolus versicolor* (white rot type) and *Chaetomium globosum* (soft rot type). The results obtained in this experiment were as follows ;

(1) The order of strengths, in the reduction due to decay, was bending>compression perpendicular to the grain>compression parallel to the grain. The order of the tensile strength parallel to the grain was not clear in this experiment.

(2) SUGI was more sensitive to the decay than BUNA in the reduction in strengths as decay proceeds.

(3) The order of fungi, in the capacity to cause the strengths of wood to reduce, was brown rot type>soft rot type>white rot type.

(4) As for the SUGI, the soft rot fungus was not the cause of weight loss and reduction in compressive and bending strengths, but the cause of reduction in tensile strength parallel to the grain.

(5) The soft rot fungus was distinguishable from other wood destroying fungi by the reduction in bending strength at certain range of specific gravity of BUNA during the decay process (Fig. 14), and the decrease in modulus of elasticity in bending of SUGI (Fig. 23), both without accompanying the loss in specific gravity of each wood

specimen.

(6) These distinctions seemed to be correlated to the mode of degradation of cell wall by this fungus. Hence it appears that clarifying the connection between the reduction in strengths and the size or distribution of the cavity caused by the penetration of the fungal hyphae into cell wall, is to be the next object to study besides the micro chemical analysis of cell wall component.

文 献

- 1) ZYCHA, H., Holz als Roh- und Werkstoff, **22**, 37 (1964).
- 2) LIESE, W. und U. AMMER, Ibid., **22**, 455 (1964).
- 3) 繊維学会編, 繊維物理学, 298, 丸善 (1962).
- 4) 北原覚一, 木材物理, 20, 森北出版 (1966).
- 5) CARTWRIGHT, K. St. G., W. G. CAMPBELL and F. H. ARMSTRONG, Proc. Roy. Soc. B., **120**, 76 (1936).
- 6) 辻 行雄, 林試報, **27**, 83 (1927).
- 7) KOLLMANN, F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, **Bd 1**, 844, Berlin, Springer-Verlag (1951).
- 8) 繊維学会編, 繊維物理学, 303, 丸善 (1962).
- 9) SAVORY, J. G. and L. C. PINION, Holzforsch., **12**, 99 (1958).
- 10) DUNCAN, C. G., Rep. For. Prod. Lab., Madison, No. 2173, 18 (1960).
- 11) LEVI, M. P. and R. D. PRESTON, Holzforsch., **19**, 183 (1965).
- 12) 高橋旨象, 西本孝一, 日本木材学会第17回大会講演要旨集, 69 (1967).
- 13) 上野桂助, 紙の強度, 100, 丸善 (1962).
- 14) 山田 正, 木材工学 (梶田 茂編), 218, 養賢堂 (1961).
- 15) COURTOIS, H., Holzforschung und Holzverwertung, **15**, 88 (1963).
- 16) LIESE, W., Holz als Roh- und Werkstoff, **22**, 289 (1964).